

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-335194
(43)Date of publication of application : 22.11.2002

(51)Int.Cl.

H04B 3/23
H04R 3/02

(21)Application number : 2001-138304

(71)Applicant : YAMAHA CORP

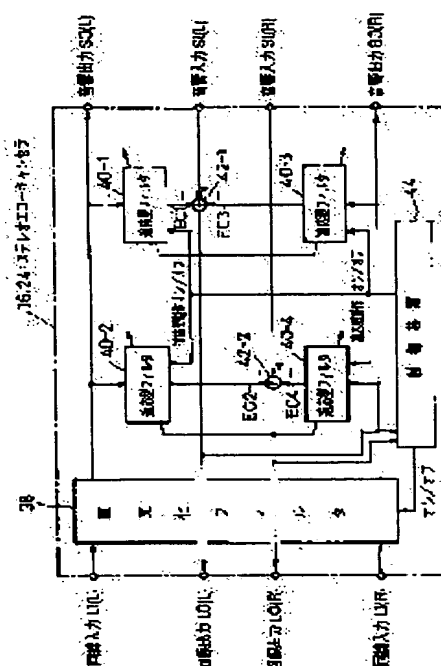
(22)Date of filing : 09.05.2001

(72)Inventor : HIRAI TORU
HONCHI YOSHIKAZU
HIGASHIYAMA MIKIO
TOKURA AYA

(54) METHOD FOR SETTING IMPULSE RESPONSE FOR TWO-CHANNEL ECHO CANCELLATION FILTER, TWO-CHANNEL ECHO CANCELLER AND BIDIRECTIONAL TWO CHANNEL VOICE TRANSMITTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem of indefinite coefficients in two-channel echo cancellation processing.
SOLUTION: Two signals which are mutually correlated are subjected to main component analysis and converted into two orthogonal signals, thus generating two non-correlated signals. These two signals are reproduced from respective speakers and are sound collection is made by respective microphones. Cross spectra of a signal obtained by subtracting an echo cancellation signal from the voice collected by each microphone and the voice, before being reproduced from each speaker are then determined respectively, set averaged over a specified period, and subjected to inverse Fourier transformation, thus determining the impulse response estimation error in each filter. Impulse response of each filter is updated, to cancel the impulse response estimation error thus determined.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.04.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-335194

(P 2 0 0 2 - 3 3 5 1 9 4 A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H04B 3/23

H04B 3/23

5D020

H04R 3/02

H04R 3/02

5K046

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全13頁)

(21) 出願番号 特願2001-138304 (P 2001-138304)

(22) 出願日 平成13年5月9日 (2001. 5. 9)

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 平井 徹

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72) 発明者 本地 由和

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72) 発明者 東山 三樹夫

東京都杉並区成田東2丁目2番12号

(74) 代理人 100090228

弁理士 加藤 邦彦

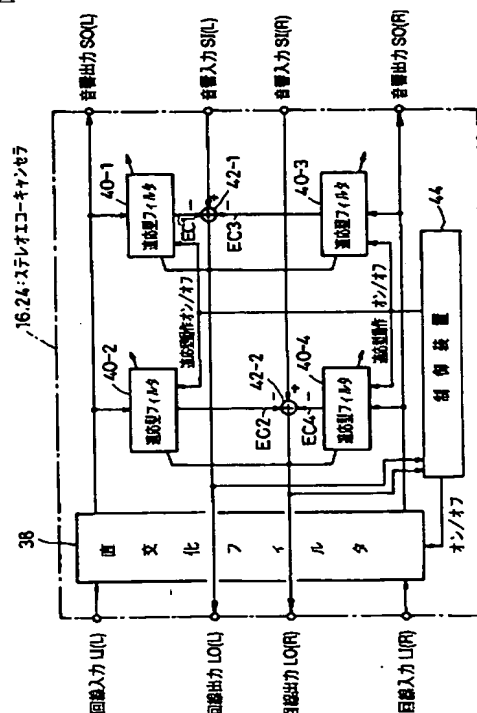
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法および2チャンネルエコーキャンセル並びに双方向2チャンネル音声伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 2チャンネルエコーキャンセル処理における係数不定性の問題を解決する。

【解決手段】 互いに相関を有する2信号について、主成分分析を行って相互に直交した2信号に変換することにより無相関な2信号を生成する。これら2信号をそれぞれスピーカから再生し、各マイクで收音する。該各マイクで收音された音声からエコーキャンセル信号を差し引いた信号と各スピーカから再生する前の音声とのクロススペクトルをそれぞれ求め、所定期間でそれぞれ集合平均し、逆フーリエ変換することにより、各フィルタにおけるインパルス応答推定誤差を求める。各フィルタのインパルス応答をこれら求められたインパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 のスピーカに供給する音声信号を、第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 1、第 2 のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 1、第 2 のエコーキャンセル信号を生成し、

第 2 のスピーカに供給する音声信号を、第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 3、第 4 のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 3、第 4 のエコーキャンセル信号を生成し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を生成し、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を生成する場合に、前記各フィルタのインパルス応答を設定する方法であって、互いに相関を有する 2 信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した 2 信号に変換して、第 1、第 2 のスピーカから再生し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 1 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 3 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 2 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 4 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新する 2 チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法。

【請求項 2】2 つの地点にそれぞれ 2 つのスピーカと 2 つのマイクを配置し、

一方の地点の第 1 のマイクで收音され他方の地点の第 1 のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 1、第 2 のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 1、第 2 のエコーキャンセル信号を生成し、

一方の地点の第 2 のマイクで收音され他方の地点の第 2 のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 3、第 4 のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 3、第 4 のエコーキャンセル信号を生成し、

他方の地点の第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を一方の地点の第 1 のスピーカに供給し、

他方の地点の第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を一方の地点の第 2 のスピーカに供給する信号系統を、2 つの地点間で双方向に用意して双方向 2 チャンネル音声伝送を行う場合に、前記各フィルタのインパルス応答を設定する方法であって、

各伝送方向について、

互いに相関を有する 2 信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した 2 信号に変換して、第 1、第 2 のスピーカから再生し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 1 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 3 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 2 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第 4 のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新する 2 チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法。

【請求項 3】前記インパルス応答の更新を行った後に、前記第 1、第 2 のスピーカで再生する信号を前記互いに相関を有する 2 信号に切り換え、該 2 信号の再生と並行してエコーキャンセル推定誤差の観測を行い、該エコーキャンセル推定誤差が所定値以上に達したことを検出して前記第 1、第 2 のスピーカで再生する信号を前記相互

に直交した 2 信号に再び切り換えて、前記フィルタに設定するインパルス応答の更新を実行する請求項 1 または 2 記載の 2 チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法。

【請求項 4】 2 つのスピーカと 2 つのマイクを同一空間に配置した音響系について、

第 1 のスピーカに供給する音声信号を、第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 1、第 2 の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 1、第 2 のエコーキャンセル信号を生成し、

第 2 のスピーカに供給する音声信号を、第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 3、第 4 の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 3、第 4 のエコーキャンセル信号を生成し、

第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を第 1 の引算手段で差し引いてエコーキャンセルを行い、

第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を第 2 の引算手段で差し引いてエコーキャンセルを行う 2 チャンネルエコーキャンセラにおいて、互いに相関を有する 2 信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した 2 信号に変換して、第 1、第 2 のスピーカに供給する直交化手段を具備し、前記第 1 の適応型フィルタが、第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 3 の適応型フィルタが、第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 2 の適応型フィルタが、第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 4 の適応型フィルタが、第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更

新する 2 チャンネルエコーキャンセラ。

【請求項 5】 2 つの地点にそれぞれ 2 つのスピーカと 2 つのマイクを配置し、

一方の地点の第 1 のマイクで收音され他方の地点の第 1 のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 1、第 2 の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 1、第 2 のエコーキャンセル信号を生成し、

一方の地点の第 2 のマイクで收音され他方の地点の第 2 のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第 1、第 2 のマイクに対応して設けられた第 3、第 4 の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第 3、第 4 のエコーキャンセル信号を生成し、

他方の地点の第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を第 1 の引算手段で差し引いて一方の地点の第 1 のスピーカに供給し、

他方の地点の第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を第 2 の引算手段で差し引いて一方の地点の第 2 のスピーカに供給する信号系統を、2 つの地点間で双方向に用意して双方向 2 チャンネル音声伝送を行う装置において、

互いに相関を有する 2 信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した 2 信号に変換して、第 1、第 2 のスピーカに供給する直交化手段を具備し、前記第 1 の適応型フィルタが、第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 3 の適応型フィルタが、第 1 のマイクの收音信号から該第 1、第 3 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 2 の適応型フィルタが、第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 1 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、

前記第 4 の適応型フィルタが、第 2 のマイクの收音信号から該第 2、第 4 のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第 2 のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該

インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新する双方向2チャンネル音声伝送装置。

【請求項6】前記直交化手段、前記第1～第4の適応型フィルタおよび前記第1、第2の引算手段が、ともに前記互いに相関を有する2信号の受信側の地点に配置される請求項5記載の双方向2チャンネル音声伝送装置。

【請求項7】前記直交化手段が前記互いに相関を有する2信号の送信側の地点に配置され、前記第1～第4の適応型フィルタおよび第1、第2の引算手段が該互いに相関を有する2信号の受信側の地点に配置される請求項5記載の双方向2チャンネル音声伝送装置。

【請求項8】前記直交化手段が、前記互いに相関を有する2信号を変数として、所定期間ごとに、該期間に含まれる該2変数の組合せからなるサンプル群について第1主成分、第2主成分の固有ベクトルを求め、該2変数の組合せからなる各サンプルを該求められた第1主成分、第2主成分の固有ベクトルにそれぞれ射影して、前記相互に直交した2信号に変換する演算を行う請求項5から7のいずれかに記載の双方向2チャンネル音声伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】この発明は、2チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法および2チャンネルエコーキャンセラ並びに双方向2チャンネル音声伝送装置に関し、2チャンネルエコーキャンセル処理における係数不定性の問題を解決するものである。

【従来の技術】テレビ会議システム等に用いられる双方向2チャンネル音声伝送においては、従来よりエコーキャンセラの係数不定性の問題が指摘されており、これを解決するための様々な方法が提案されている（電子情報通信学会誌 Vol. 81 No. 3 P. 266-274 1998年3月）。従来の解決方法として、チャンネル間相関を減少させる方法がある。これには、ランダム雑音の付加、フィルタによる相関除去、チャンネル間周波数シフト、インタリーブコムフィルタの使用、非線形処理（特開平10-190848）等がある。また、他の方法として、実音場内における音源の空間的移动によってチャンネル間の相関関数が微妙に変動することを利用した方法（特開平10-93680）がある。

【発明が解決しようとする課題】この発明は、再生する2信号を直交化して無相関化し、該無相関化した信号と誤差信号とのクロススペクトルから音響系を推定する方法によって上記係数不定性の問題を解決した2チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法および2チャンネルエコーキャンセラ並びに双方向2チャンネル音声伝送装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】この発明の2チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法

は、第1のスピーカに供給する音声信号を、第1、第2のマイクに対応して設けられた第1、第2のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第1、第2のエコーキャンセル信号を生成し、第2のスピーカに供給する音声信号を、第1、第2のマイクに対応して設けられた第3、第4のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第3、第4のエコーキャンセル信号を生成し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を生成し、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を生成する場合に、前記各フィルタのインパルス応答を設定する方法であって、互いに相関を有する2信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した2信号に変換して、第1、第2のスピーカから再生し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第1のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第3のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第2のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第4のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新するものである。これによれば、互いに相関を有する2信号について、主成分分析を行って相互に直交した2信号に変換することにより無相関な2信号が得られ、これら2信号をそれぞれスピーカから再生し、該再生された音声各マイクで收音し、該各マイクで收音された音声からエコーキャンセル信号を差し引いた信号と各スピーカから再生する前の音声とのクロススペクトルをそれぞれ求め、所定期間でそれぞれ集合平均し、逆フーリエ変換することにより、各フィルタにおけるインパルス応答推定誤差が個々に求まり、各フィルタのインパルス応答をこれら求められたインパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新することにより、適正なエコーキャンセルを行うことができる。この発明の2チャンネルエコーキャン

セル用フィルタのインパルス応答設定方法は、2つの地点にそれぞれ2つのスピーカと2つのマイクを配置し、一方の地点の第1のマイクで收音され他方の地点の第1のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第1、第2のマイクに対応して設けられた第1、第2のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第1、第2のエコーキャンセル信号を生成し、一方の地点の第2のマイクで收音され他方の地点の第2のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第1、第2のマイクに対応して設けられた第3、第4のフィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第3、第4のエコーキャンセル信号を生成し、他方の地点の第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を一方の地点の第1のスピーカに供給し、他方の地点の第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号を一方の地点の第2のスピーカに供給する信号系統を、2つの地点間で双方向に用意して双方向2チャンネル音声伝送を行う場合に、前記各フィルタのインパルス応答を設定する方法であって、各伝送方向について、互いに相関を有する2信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した2信号に変換して、第1、第2のスピーカから再生し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第1のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第3のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第2のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新し、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、第4のフィルタのインパルス応答を、該インパルス応答推定誤差を打ち消す特性に更新するものである。なお、この発明の2チャンネルエコーキャンセル用フィルタのインパルス応答設定方法は、前記インパルス応答の更新を行った後に、前記第1、第2のスピーカで再生する信号を前記互いに相関を有する2信号に切り換え、該2信号の再生と並行してエコーキャンセル推定誤

差の観測を行い、該エコーキャンセル推定誤差が所定値以上に達したことを検出して前記第1、第2のスピーカで再生する信号を前記相互に直交した2信号に再び切り換えて、前記フィルタに設定するインパルス応答の更新を実行するものとして行うことができる。この発明の2チャンネルエコーキャンセルは、2つのスピーカと2つのマイクを同一空間に配置した音響系について、第1のスピーカに供給する音声信号を、第1、第2のマイクに対応して設けられた第1、第2の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第1、第2のエコーキャンセル信号を生成し、第2のスピーカに供給する音声信号を、第1、第2のマイクに対応して設けられた第3、第4の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第3、第4のエコーキャンセル信号を生成し、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を第1の引算手段で差し引いてエコーキャンセルを行い、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を第2の引算手段で差し引いてエコーキャンセルを行う2チャンネルエコーキャンセルにおいて、互いに相関を有する2信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した2信号に変換して、第1、第2のスピーカに供給する直交化手段を具備し、前記第1の適応型フィルタが、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第3の適応型フィルタが、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第2の適応型フィルタが、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第4の適応型フィルタが、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新するものである。この発明の双方向2チャンネル音声伝送装置は、2つの地点にそれぞれ2つのスピーカと2つのマイクを配置し、一方の地点の第1のマイクで收音され他方の地点の第1のスピーカに供給する

音声信号を、他方の地点の第1、第2のマイクに対応して設けられた第1、第2の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第1、第2のエコーキャンセル信号を生成し、一方の地点の第2のマイクで收音され他方の地点の第2のスピーカに供給する音声信号を、他方の地点の第1、第2のマイクに対応して設けられた第3、第4の適応型フィルタにそれぞれ畳み込み演算して、第3、第4のエコーキャンセル信号を生成し、他方の地点の第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を第1の引算手段で差し引いて一方の地点の第1のスピーカに供給し、他方の地点の第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を第2の引算手段で差し引いて一方の地点の第2のスピーカに供給する信号系統を、2つの地点間で双方向に用意して双方向2チャンネル音声伝送を行う装置において、互いに相関を有する2信号について所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した2信号に変換して、第1、第2のスピーカに供給する直交化手段を具備し、前記第1の適応型フィルタが、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第3の適応型フィルタが、第1のマイクの收音信号から該第1、第3のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第2の適応型フィルタが、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第1のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新し、前記第4の適応型フィルタが、第2のマイクの收音信号から該第2、第4のエコーキャンセル信号を差し引いた信号と第2のスピーカから再生した信号とのクロススペクトルを求め、所定期間で集合平均し、逆フーリエ変換してインパルス応答推定誤差を求め、フィルタ特性を該インパルス応答推定誤差を打ち消すインパルス応答に更新するものである。なお、この発明の双方向2チャンネル音声伝送装置において、前記直交化手段、前記第1～第4の適応型フィルタおよび前記第1、第2の引算手段は、例えば、ともに前記互いに相関を有する2信号の受信側の地点に配置することができる。あるいは、該前記直交化手段を前記互いに相関を有する2信号の送信側の地点に配置し、前記第1～第4の適応型フィルタおよび第1、第2の引算手段を該互いに

相関を有する2信号の受信側の地点に配置することもできる。また、前記直交化手段は、例えば、前記互いに相関を有する2信号を変数として、所定期間ごとに、該期間に含まれる該2変数の組合せからなるサンプル群について第1主成分、第2主成分の固有ベクトルを求め、該2変数の組合せからなる各サンプルを該求められた第1主成分、第2主成分の固有ベクトルにそれぞれ射影して、前記相互に直交した2信号に変換する演算を行うものとすることができる。

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を以下説明する。図2はこの発明による双方向ステレオ音声伝送装置の全体構成を示す。これは、地点Aと地点Bとの間で双方向ステレオ伝送を行うもので、例えばテレビ会議システムに適用することができる。地点Aには、同一空間内に2つのスピーカSP-A(L)、SP-A(R)と2つのマイクMC-A(L)、MC-A(R)が配置されている。マイクMC-A(L)、MC-A(R)の各收音信号は、A/D変換器12、14でデジタル信号にそれぞれ変換され、ステレオエコーキャンセラ16でエコーキャンセル処理を施された後、CODEC(CODERおよびDECORDER)18で変調されて、有線または無線の伝送路20を介して地点Bに伝送される。地点Bには、同一空間内に2つのスピーカSP-B(L)、SP-B(R)と2つのマイクMC-B(L)、MC-B(R)が配置されている。地点Aから伝送された信号はCODEC22に入力されてマイクMC-A(L)、MC-A(R)の收音信号が復調される。これら復調されたマイクMC-A(L)、MC-A(R)の收音信号は、ステレオエコーキャンセラ24を介してD/A変換器26、28でアナログ信号にそれぞれ変換され、スピーカSP-B(L)、SP-B(R)でそれぞれ再生される。地点BのマイクMC-B(L)、MC-B(R)の各收音信号は、A/D変換器30、32でデジタル信号にそれぞれ変換され、ステレオエコーキャンセラ24でエコーキャンセル処理を施された後、CODEC22で変調されて、伝送路20を介して地点Aに伝送される。地点Aに伝送された信号はCODEC18に入力されてマイクMC-B(L)、MC-B(R)の收音信号が復調される。これら復調されたマイクMC-B(L)、MC-B(R)の收音信号は、ステレオエコーキャンセラ16を介してD/A変換器34、36でアナログ信号にそれぞれ変換され、スピーカSP-A(L)、SP-A(R)でそれぞれ再生される。ステレオエコーキャンセラ16、24内の構成を図1に示す。直交化フィルタ38は、相手側の地点から伝送路20およびCODEC18(22)を介して回線入力端LI(L)、LI(R)に入力される左右2チャンネルステレオ信号について、所定の期間ごとに主成分分析を行って、相互に直交した2信号に変換し、該2信号を音響出力端SO(L)、SO(R)から出力する。

これら2信号はスピーカSP(L) {SP-A(L)またはSP-B(L)をいう。}, SP(R) {SP-A(R)またはSP-B(R)をいう。}でそれぞれ再生される。適応型フィルタ40-1は、スピーカSP(L)とマイクMC(L) {MC-A(L)またはMC-B(L)をいう。}間の伝達関数に相当するインパルス応答が設定され、音響出力端SO(L)から出力する信号に該インパルス応答を畳み込み演算することにより、音響出力端SO(L)から出力された信号が、スピーカSP(L)で再生され、マイクMC(L)で收音され、音響入力端SI(L)に入力される信号に相当するエコーキャンセル信号EC1を生成する。適応型フィルタ40-2は、スピーカSP(L)とマイクMC(R) {MC-A(R)またはMC-B(R)をいう。}間の伝達関数に相当するインパルス応答が設定され、音響出力端SO(L)から出力する信号に該インパルス応答を畳み込み演算することにより、音響出力端SO(L)から出力された信号が、スピーカSP(L)で再生され、マイクMC(R)で收音され、音響入力端SI(R)に入力される信号に相当するエコーキャンセル信号EC2を生成する。適応型フィルタ40-3は、スピーカSP(R)とマイクMC(L)間の伝達関数に相当するインパルス応答が設定され、音響出力端SO(R)から出力する信号に該インパルス応答を畳み込み演算することにより、音響出力端SO(R)から出力された信号が、スピーカSP(R)で再生され、マイクMC(L)で收音され、音響入力端SI(L)に入力される信号に相当するエコーキャンセル信号EC3を生成する。適応型フィルタ40-4は、スピーカSP(R)とマイクMC(R)間の伝達関数に相当するインパルス応答が設定され、音響出力端SO(R)から出力する信号に該インパルス応答を畳み込み演算することにより、音響出力端SO(R)から出力された信号が、スピーカSP(R)で再生され、マイクMC(R)で收音され、音響入力端SI(R)に入力される信号に相当するエコーキャンセル信号EC4を生成する。引算器42-1は、音響入力端SI(L)から入力されるマイクMC(L)の收音信号から、エコーキャンセル信号EC1およびEC3を引算してエコーキャンセルを行う。引算器42-2は、音響入力端SI(R)から入力されるマイクMC(R)の收音信号から、エコーキャンセル信号EC2およびEC4を引算してエコーキャンセルを行う。これらエコーキャンセルされた左右各チャンネルの信号は、回線出力端LO(L), LO(R)からそれぞれ出力され、CO

DEC18(22)および伝送路20を介して相手側の地点に伝送される。制御装置44は、直交化フィルタ38の機能のオン/オフ切換および適応型フィルタ40-1乃至40-4の適応型動作のオン/オフ切換を行うもので、引算器42-1, 42-2から出力される信号に含まれる誤差成分(エコーキャンセル推定誤差)を検出して、該誤差成分が所定値以内の時は、直交化フィルタ38の機能をオフして、回線入力端LI(L), LI(R)から入力されるステレオ信号を、そのまま直交化フィルタ38を通過させて音響出力端SO(L), SO(R)から出力して、ステレオ再生を実現する。また、このとき、適応型フィルタ40-1乃至40-4の適応型動作をオフ(各インパルス応答を、その直前の適応型動作で設定された値に固定)する。また、誤差成分が所定値以上に達した時は、直交化フィルタ38の機能をオンし、適応型フィルタ40-1乃至40-4の適応型動作をオンして、適応型フィルタ40-1乃至40-4に設定するインパルス応答の更新を行う。インパルス応答の更新が完了すると、誤差成分が再び所定値以上に達するまで、直交化フィルタ38の機能をオフし、適応型フィルタ40-1乃至40-4の適応型動作をオフする。直交化フィルタ38の直交化処理について説明する。直交化処理は、入力ステレオ信号の所定の期間ごとに行われる。ここでは、直交化処理を、図3に示すように1フレーム(例えば512サンプル)ごとに行うものとし、直交化フィルタ38に入力される1フレームの左右各チャンネルの入力信号のサンプル群x, yを、

$$x = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

$$y = y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$$

(nは例えば512)とする。サンプル群x, yはステレオ信号であるから、互いに相関を有する。直交化処理は、x, yを2変数として、1フレームごとに、該2変数の組合せからなるサンプル群について、主成分分析をして、相互に直交する第1主成分、第2主成分の固有ベクトルを求め、該2変数の組合せからなる各サンプルを、該求められた第1主成分、第2主成分の固有ベクトルにそれぞれ射影することにより行われる。直交化処理の演算の具体的内容を説明する。いま、観測行列Bを、

【数1】

$$B = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_n \\ y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_n \end{bmatrix}$$

とすると、Bの共分散行列Sは、

【数2】

$$S = \frac{1}{n-1} BB^T \quad (B^T \text{は} B \text{の転置行列})$$

$$= \frac{1}{n-1} \begin{pmatrix} x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \\ y_1, y_2, y_3, \dots, y_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{n-1} \begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix}$$

(S_{11} は x の分散、 S_{22} は y の分散、 $S_{12}(=S_{21})$ は x, y の共分散)

となる。固有値 λ は、

【数 3】

$$\begin{vmatrix} S_{11} - \lambda & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

から、

【数 4】

$$(S_{11} - \lambda)(S_{22} - \lambda) - S_{12}S_{21} = 0$$

を解いて、

【数 5】

$$\lambda = \frac{S_{11} + S_{22} \pm \sqrt{(S_{11} + S_{22})^2 - 4(S_{11}S_{22} - S_{12}^2)}}{2}$$

の 2 個の解が求まる。2 個の固有値のうち分散の大きい方 (第 1 主成分の固有値) を λ_1 とすると、固有値 λ_1 に対応する固有ベクトル U_{\max} は、

【数 6】

$$\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \lambda_1 \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

が成り立つ

【数 7】

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

である。 a_1, a_2 を解くと、

【数 8】

$$a_1 = \pm \frac{S_{12}}{\sqrt{S_{12}^2 - (\lambda_1 - S_{11})^2}}$$

$$a_2 = \pm \frac{\lambda_1 - S_{11}}{\sqrt{S_{12}^2 - (\lambda_1 - S_{11})^2}}$$

が求まる。 a_1, a_2 の解の符号が+でも-でも第 1 主成分が表す軸は同じである。一方、2 個の固有値のうち分散の小さい方 (第 2 主成分の固有値) を λ_2 とすると、固有値 λ_2 に対応する固有ベクトル U_{\min} は、

20 【数 9】

$$\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1' \\ a_2' \end{pmatrix} = \lambda_2 \begin{pmatrix} a_1' \\ a_2' \end{pmatrix}$$

が成り立つ

【数 10】

$$\begin{pmatrix} a_1' \\ a_2' \end{pmatrix}$$

である。 a_1', a_2' を解くと、

【数 11】

$$a_1' = \pm \frac{S_{12}}{\sqrt{S_{12}^2 - (\lambda_2 - S_{11})^2}}$$

$$a_2' = \pm \frac{\lambda_2 - S_{11}}{\sqrt{S_{12}^2 - (\lambda_2 - S_{11})^2}}$$

が求まる。 a_1', a_2' の解の符号が+でも-でも第 2 主成分が表す軸は同じである。以上のようにして求められた第 1 主成分、第 2 主成分の固有ベクトル

40

【数 12】

$$\overline{U}_{\max} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}, \quad \overline{U}_{\min} = \begin{pmatrix} a_1' \\ a_2' \end{pmatrix}$$

に、観測行列 B の列ベクトル

【数 13】

$$\vec{b} = \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix}$$

を射影する。観測行列Bを固有ベクトルU_{max}に射影した出力信号cの値は、

【数14】

$$c = \vec{b} \cdot \vec{U}_{\max} \quad (\cdot \text{ は内積})$$

として求まる。また、観測行列Bを固有ベクトルU_{min}に射影した出力信号c'の値は、

【数15】

$$c' = \vec{b} \cdot \vec{U}_{\min} \quad (\cdot \text{ は内積})$$

として求まる。図4はこの射影を模式的に示したものである。固有ベクトルU_{max}、U_{min}は互いに直交しているから、射影した2つの出力信号c、c'は互いに直交したものとなる。このようにして、左右各チャンネルの入力信号のサンプル群x、yが互いに直交した（すなわち無相関な）2信号c、c'に変換される。この処理は1フレームごとに繰り返し行われる。次に、以上のようにして変換された2信号c、c'に基づいて行われる、適応型フィルタ40-1乃至40-4によるフィルタ特性（インパルス応答）の設定について説明する。ここでは、適応型フィルタ40-1、40-3のフィルタ特性の設定について説明する。主成分分析で作成された2信号c、c'を

$$c = c_1, c_2, c, \dots, c_n$$

$$c' = c_1', c_2', c_3', \dots, c_n'$$

とする。いま、図5に示すようにスピーカSP(L)とマイクMC(L)間の伝達関数をそれぞれH₁、H₃とし、これに対応するインパルス応答をそれぞれh₁、h₃とし、適応型フィルタ40-1、40-3のインパルス応答をそれぞれ

【数16】

$$\hat{h}_1, \hat{h}_3$$

とすると、引算器42-1から出力される信号のエコーキャンセル推定誤差eは、

【数17】

$$e = ch_1 - c\hat{h}_1 + c'h_3 - c'\hat{h}_3$$

となる。ここで、

【数18】

$$h_1 - \hat{h}_1 = \Delta h_1$$

$$h_3 - \hat{h}_3 = \Delta h_3$$

と置くと（動作開始当初はインパルス応答は未設定なので、 $\Delta h_1 = h_1$ 、 $\Delta h_3 = h_3$ である。）、

【数19】

$$e = c\Delta h_1 + c'\Delta h_3$$

となり、これを短時間フーリエ変換すると、エコーキャンセル推定誤差E（各変数を表す記号において、小文字は時間軸表現、大文字は周波数軸表現を意味する。）は、

【数20】

$$E = C\Delta H_1 + C'\Delta H_3$$

となる。この誤差成分Eと、入力Cとのクロススペクトルをそれぞれとり（すなわち、両辺に入力Cの複素共役C*を掛け）、所定期間（例えば図3に示すように40フレーム）で集合平均をとると、

【数21】

$$\sum C^*E = \sum |C|^2 \Delta H_1$$

が得られ、これから ΔH_1 を求めると、

【数22】

$$\Delta H_1 = \frac{\sum C^*E}{\sum |C|^2}$$

が得られる。この ΔH_1 を逆フーリエ変換した値 Δh_1 がインパルス応答推定誤差であるから、適応型フィルタ40-1のインパルス応答を

【数23】

$$\hat{h}_1 + \Delta h_1$$

に更新する。同様に、誤差成分Eと、入力C'とのクロススペクトルをそれぞれとり（すなわち、両辺に入力C'の複素共役C'*を掛け）、所定期間（入力Cの場合と同様で例えば40フレーム）で集合平均をとると、

【数24】

$$\sum C'^*E = \sum |C'|^2 \Delta H_3$$

が得られ、これから ΔH_3 を求めると、

【数25】

$$\Delta H_3 = \frac{\sum C'^*E}{\sum |C'|^2}$$

40 得られる。この ΔH_3 を逆フーリエ変換した値 Δh_3 がインパルス応答推定誤差であるから、適応型フィルタ40-3のインパルス応答を

【数26】

$$\hat{h}_3 + \Delta h_3$$

に更新する。なお、以上は適応型フィルタ40-1、40-3のフィルタ特性の設定について説明したが、適応型フィルタ40-2、40-4のフィルタ特性の設定についても同様に行うことができる。制御装置44による

50 直交化フィルタ38の機能のオン/オフ切換制御および

適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作のオン/オフ切換制御について図 6 を参照して説明する。双方向ステレオ音声伝送装置を起動すると、直交化フィルタ 38 の動作および適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作が開始される (S11)。これにより、直交化フィルタ 38 は入力ステレオ信号 (x, y) を直交化する処理を行う。直交化された 2 信号 (c, c') は、スピーカ SP (L), SP (R) から再生される。適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 は、引算器 42-1, 42-2 から出力される信号に含まれる誤差成分 (エコーキャンセル推定誤差) に基づき、所定期間 (例えば前述のように 40 フレーム) ごとにインパルス応答推定誤差 Δh_1 乃至 Δh_4 の演算を行い、フィルタ特性 (インパルス応答) を該インパルス応答推定誤差を打ち消す値に更新する。図 7 はこのときの 1 つの適応型フィルタの動作を示すもので、動作開始 (このとき適応型フィルタのインパルス応答は未設定である。) から 40 フレームごとのフィルタ特性の更新により、エコーキャンセル推定誤差が徐々に低下している。エコーキャンセル推定誤差が所定値以下になると (S12)、制御装置 44 は直交化フィルタ 38 の動作および適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作が停止される (S13)。すなわち、直交化フィルタ 38 は入力ステレオ信号 (x, y) をそのまま出力して、スピーカ SP (L), SP (R) から再生する。また、適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 を停止し、その直前のフィルタ特性を保持する。制御装置 44 は直交化フィルタ 38 の動作および適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作が停止している間も推定誤差パワーを観測し、該推定誤差パワーが所定値以上に達すると、直交化フィルタ 38 の動作および適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作を再開し (S14)、以後以上の動作を繰り返す。これにより、適正なエコーキャンセル状態を維持することができる。なお、前記実施例ではマイク収音信号の直交化処理を行う直交化フィルタ 38 を該マイ

ク収音信号の受信側に配置したが、図 8 に示す直交化フィルタ 38' のように、送信側に配置することもできる。また、この発明は、互いに相関を有する各種 2 チャンネル信号のエコーキャンセル処理に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 2 のステレオエコーキャンセラ 16, 24 内の構成を示すブロック図である。

【図 2】 この発明の双方向ステレオ音声伝送装置の実施の形態を示す示すブロック図である。

【図 3】 図 1 のステレオエコーキャンセラにおいて、直交化処理およびインパルス応答推定誤差を求める単位期間の例を示すタイムチャートである。

【図 4】 図 1 の直交化フィルタにおける射影の説明図である。

【図 5】 図 1 のステレオエコーキャンセラにおいて、適応型エコーキャンセラに設定するフィルタ特性を説明するための図である。

【図 6】 図 1 の制御装置 44 による直交化フィルタ 38 の機能のオン/オフ切換制御および適応型フィルタ 40-1 乃至 40-4 の適応型動作のオン/オフ切換制御を示す図である。

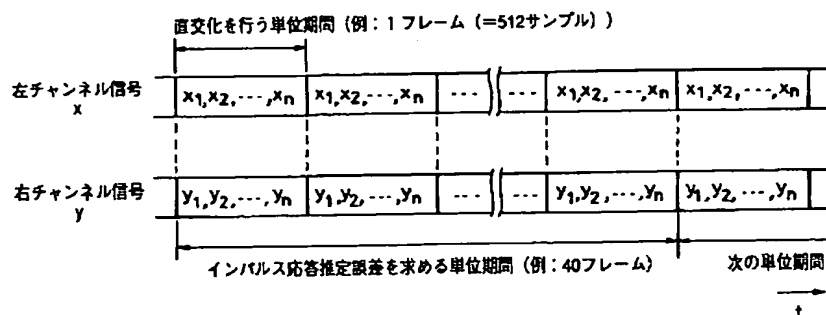
【図 7】 図 1 の適応型フィルタの動作が開始されてからのエコーキャンセル推定誤差の変化を示す線図である。

【図 8】 直交化フィルタの他の配置例を示すブロック図である。

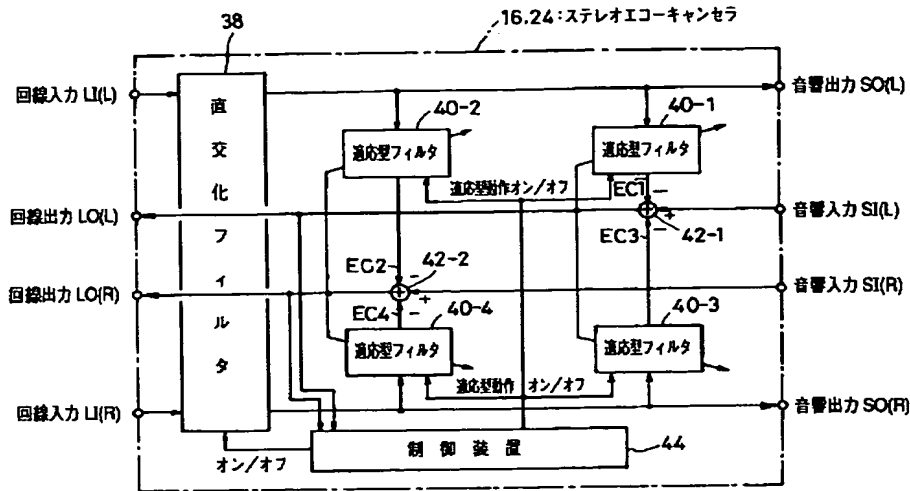
【符号の説明】

16, 24…ステレオエコーキャンセラ、38, 38'…直交化フィルタ、40-1 乃至 40-4…適応型フィルタ、42-1, 42-2…引算器、MC-A (L), MC-A (R), MC-B (L), MC-B (R)…マイク、SP-A (L), SP-A (R), SP-B (L), SP-B (R)…スピーカ

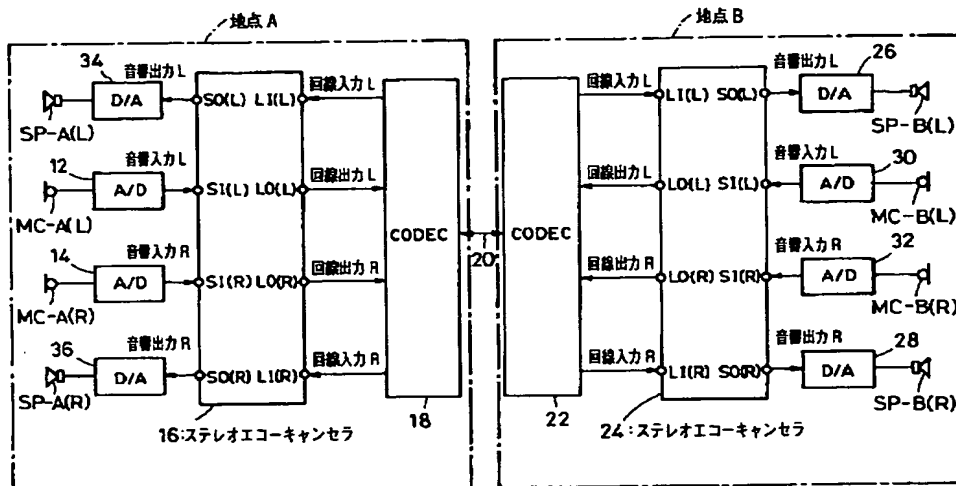
【図 3】



【図 1】

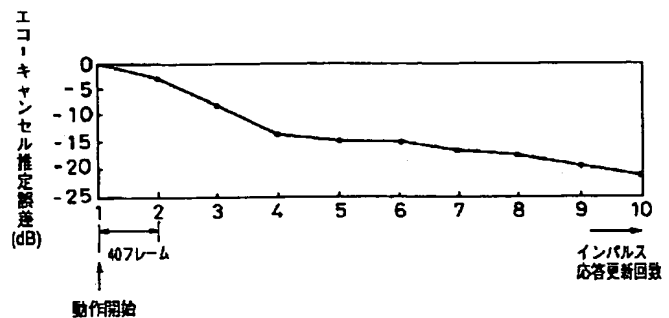
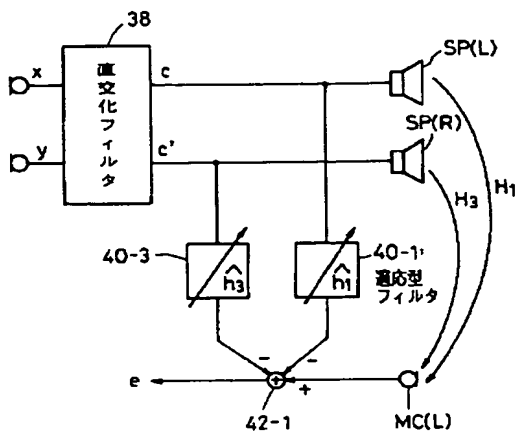


【図 2】



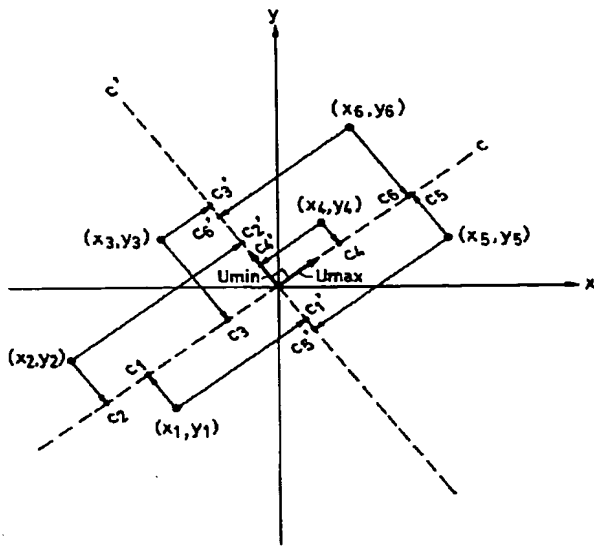
【図 5】

【図 7】

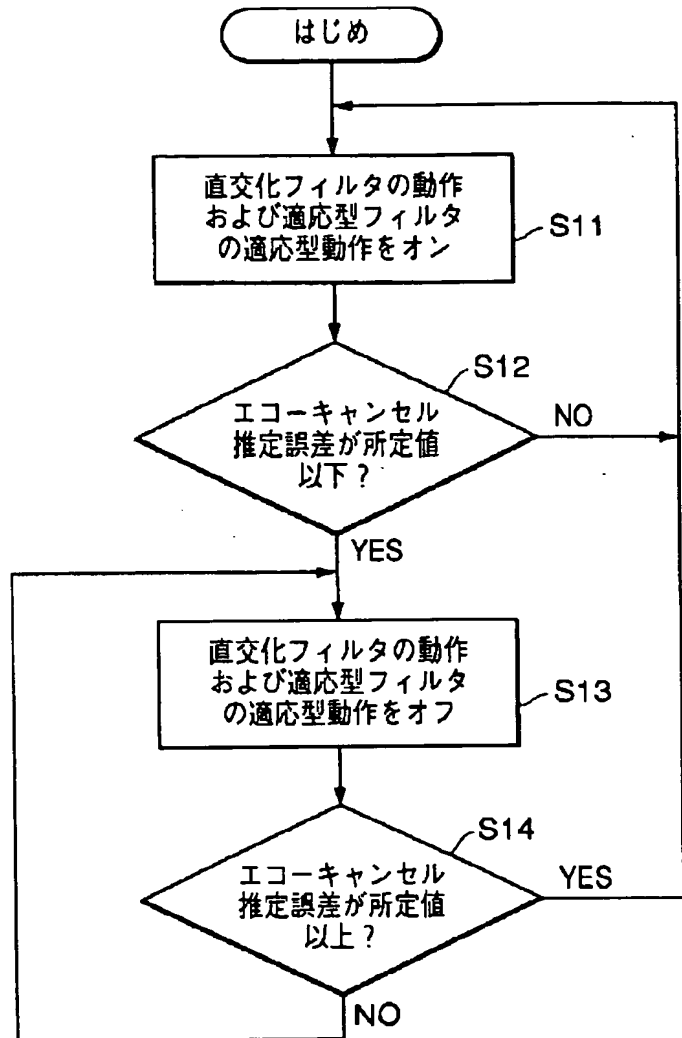


BEST AVAILABLE COPY

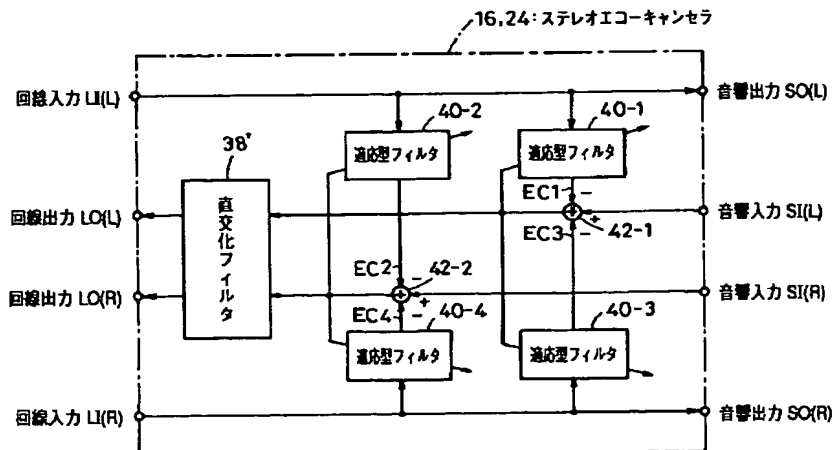
【図 4】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 戸倉 綾

東京都国分寺市本町4-13-12 コンフォ

ート1-306

Fターム(参考) 5D020 CC06

5K046 AA01 BB00 BB01 EE06 EE14

EF04 EF11

BEST AVAILABLE COPY